

# Laboratori di robotica ed educazione tecnologica contestualizzata<sup>1</sup>

P. Mengoli, M. Russo

## Sommario

*Il saggio descrive i laboratori di robotica di Officina Emilia, realizzati tra il 2009 e il 2013 come ricerca-azione a sostegno del sistema di istruzione, di fronte alle sfide della nuova manifattura di industria 4.0. Vengono presentati metodi e risultati della valutazione delle attività e si conclude con una riflessione sulle modalità di coinvolgimento degli studenti, dei loro docenti e delle scuole, con l'obiettivo di creare contemporaneamente apprendimenti significativi, esperienze di formazione in servizio per i docenti, innovazione delle pratiche didattiche.*

## Abstract

*Realized between 2009 and 2013 as an action-research to support the education system, tackling the challenges of the new manufacturing of Industry 4.0, Officina Emilia's robotics workshops are described in the paper that presents methods and results of the evaluation of the activities. The conclusion remarks are on how to involve students, their teachers and schools, with the aim of simultaneously creating significant learning in the new generations, in-service teacher training experiences, innovation of methodologies.*

**Keywords:** context based technology education; hands-on and tinkering experiences; evaluation; action-research; learning to support new manufacturing- industry 4.0

<sup>1</sup> Le autrici ringraziano Donatella Poliandri (INVALSI) per il contributo all'impostazione iniziale del piano di valutazione delle azioni con le scuole nel programma di ricerca-azione Officina Emilia. Desiderano ringraziare, inoltre, gli organizzatori del Convegno "Giocare a pensare. Metodi e tecnologie per l'uso educativo e didattico dei robot", che si è tenuto presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca, il 20 Maggio 2017, e i partecipanti alla sessione in cui è stata presentata una prima elaborazione dei questionari di valutazione dei laboratori di robotica di Officina Emilia. Si ringraziano i due anonimi referee per i commenti al saggio. Rispetto ai risultati preliminari presentati al convegno, quelli presentati in questo saggio riguardano tutti i questionari relativi ai laboratori di robotica, di cui negli ultimi mesi è stato possibile completare la digitalizzazione.

## 1.Introduzione

Promossi dal programma di ricerca-azione Officina Emilia, dell'Università di Modena e Reggio Emilia, i laboratori di robotica sono stati sperimentati dal 2005 al 2013 nelle classi di scuola primaria e secondaria di primo e secondo grado di Modena, Reggio Emilia e Bologna, coinvolgendo oltre 2.700 studenti e più di 200 docenti. I partecipanti hanno osservato, costruito e programmato micro-robot della LEGO®, come esempi di meccanismi e macchine. Numerose iniziative di divulgazione hanno coinvolto anche un pubblico di adulti e, in più edizioni, sono state realizzate azioni di formazione per educatori e insegnanti.

La sperimentazione dei laboratori è avvenuta in un contesto di ricerca-azione che prevedeva un insieme articolato di azioni. Un sottoinsieme di queste azioni, costituito dai laboratori *hands-on* sulle macchine, sui processi di produzione e sul lavoro industriale, includeva i laboratori di robotica. I robot erano costruiti, programmati e collaudati per favorire la conoscenza delle tecniche di produzione, della tecnologia incorporata nei prodotti, del saper fare e della professionalità dei lavoratori dell'industria, oltre che dei processi di innovazione e di cambiamento tecnologico. L'intero progetto di ricerca è nato e si è sviluppato all'interno dell'Università di Modena e Reggio Emilia tra il 2000 e il 2015. A seguito della chiusura della sperimentazione con le scuole, la ricerca si è concentrata sulla documentazione e sulla valutazione dell'esperienza. In questo scritto si presentano alcune riflessioni sui risultati dei laboratori di robotica. Il contributo che si intende fornire è duplice. Da un lato, viene presentato un originale contesto entro cui si sono realizzate esperienze di educazione tecnologica e informatica con uso di kit di micro-robotica. Dall'altro, si presenta una valutazione dell'esperienza di quei laboratori lungo tre dimensioni: (i) l'effetto sull'attività didattica complessiva delle scuole coinvolte, (ii) l'effetto sulle conoscenze, sulle attitudini e sulle capacità dei docenti coinvolti ed infine (iii) l'effetto sulle conoscenze degli studenti, sulle loro motivazioni ad approfondire e sul gradimento complessivo delle attività del laboratorio.

La struttura del saggio è la seguente. Nella sezione 2, si illustrano gli obiettivi del piano di ricerca di Officina Emilia. La sezione 3 presenta i riferimenti teorici. La sezione 4 descrive i laboratori di robotica, mentre la sezione 5 si concentra sulla valutazione di questi laboratori. La sezione 6 presenta le considerazioni conclusive in merito alla realizzabilità delle esperienze di educazione robotica, come veicolo di educazione tecnologica contestualizzata, proponendo una riflessione sulle modalità di coinvolgimento degli studenti, dei loro docenti e delle scuole, con l'obiettivo di creare contemporaneamente apprendimenti significativi, esperienze di formazione in servizio per i docenti, innovazione delle pratiche didattiche.

## 2. La ricerca-azione

Numerosi elementi mettono in luce la fragilità delle tradizionali mediazioni cognitive che per generazioni hanno introdotto i giovani alla comprensione del contesto sociale, economico, istituzionale e anche tecnologico e professionale. Le famiglie non sembrano in grado di trasmettere le conoscenze e le

interpretazioni necessarie per comprendere il contesto sociale, sempre più allargato e complesso. Le stesse difficoltà si ritrovano nelle scuole. Un numero crescente di docenti si forma in contesti territoriali diversi e lontani da quelli in cui si trovano ad insegnare. I contenuti dei percorsi della loro formazione e, soprattutto, le caratteristiche delle loro relazioni sociali non sembrano completamente adeguati per il delicato compito di includere i giovani nel loro contesto sociale, culturale ed economico [6].

In Italia, le esperienze educative dei giovani, fino al termine della scuola secondaria di secondo grado, si caratterizzano per la scarsa qualità delle conoscenze e delle competenze in ambito tecnologico, con riferimento alle tecnologie di produzione e dei prodotti, e informatico. Inoltre, la valorizzazione dell'educazione tecnologica, con l'esplicitazione degli aspetti sociali ed economici che sono connessi all'uso delle tecnologie e allo sviluppo delle conoscenze scientifiche, resta generalmente fuori dall'educazione dei giovani [7-9]. Questi elementi influiscono sull'interesse verso le professioni tecniche e scientifiche, mettendo in luce anche un forte divario di genere in questi campi.

La ricerca-azione di Officina Emilia con le scuole si è rivolta in primo luogo ai docenti, sostenendoli attraverso la pratica di azioni educative innovative nei metodi e nei contenuti. Tutti i docenti coinvolti hanno partecipato alla formazione, osservato in modo sistematico le attività sperimentali e contribuito alla loro validazione.

Sin dal 2004 sono stati sperimentati percorsi didattici sui robot e la programmazione informatica (*coding*). Già allora, la diffusione di numerosi artefatti, che incorporano sistemi programmabili, metteva in luce la necessità di disporre di conoscenze scientifiche e matematiche, oltre che di conoscenze di base di tipo ingegneristico, per un uso consapevole di tanti prodotti di uso quotidiano. Inoltre, nei territori che hanno una spiccata vocazione manifatturiera, specie nel settore meccanico, come ad esempio l'Emilia-Romagna in Italia, oppure le regioni del Bacino del Reno in Germania, si debbono garantire ingressi nel mercato del lavoro di forze giovani che, ad ogni livello e per ogni mansione, siano forti di conoscenze e competenze molto migliori di quelle che mediamente sono state sufficienti finora. Da questa capacità del sistema educativo dipende una buona parte della possibilità delle imprese di continuare ad alimentare i loro processi di innovazione e di crescita nella competizione globale [10-14].

Le azioni realizzate in collaborazione con le scuole, nell'ambito del programma di ricerca-azione di Officina Emilia, hanno permesso di verificare, da un lato, l'effettiva possibilità di un cambiamento nelle pratiche didattiche e dall'altro l'ipotesi dell'efficacia di questa via per supportare le conoscenze del contesto tecnologico, sociale ed economico, a fini di acquisire capacità di scelta tra percorsi alternativi di studio e di lavoro oltre che sviluppare l'identità sociale dei giovani a partire dai primi gradi di scuola.

La chiusura del Museolaboratorio nel 2013, causata dalla necessità contingente dell'Università di ridurre i costi a seguito delle politiche a livello nazionale di riduzione della spesa pubblica [15], è coincisa con il termine delle attività

centrali del programma di ricerca-azione "OE con le scuole". Il programma è continuato con le attività di documentazione, incontri di approfondimento con altri gruppi di ricercatori a livello nazionale e internazionale, elaborazione dei dati per la valutazione, redazione e pubblicazione di contributi sulla ricerca [16-19]. Altri filoni di ricerca connessi con l'esperienza del Museolaboratorio sono continuati e continuano soprattutto con riferimento all'evoluzione della struttura industriale [20], sull'efficacia dei sistemi educativi [21] e all'esperienza della ricerca-azione nel contesto delle politiche di sviluppo locale [15].

### 3. I riferimenti teorici

La ricerca-azione di Officina Emilia si colloca nel contesto delle teorie dell'apprendimento di tipo costruzioniste [1, 22-23]. La prospettiva è di un apprendimento attivo e contestualizzato, promosso da istituzioni educative che a loro volta operano sotto l'influenza delle condizioni istituzionali, sociali ed economiche del territorio e del paese in cui si trovano. Rilevante, nell'impostazione della ricerca-azione, è stato il contributo teorico di Vygotskij [2], specialmente per l'interpretazione dell'apprendimento come un processo di interazione fra individui e ambiente, di interazione sociale e di scambio tra persone meno competenti e più esperte. Inoltre, è stato rilevante il contributo dei lavori di Dewey (specialmente [3, 24]) sull'apprendimento come processo sociale attivo, in cui l'esperienza manuale costituisce un asse portante che si integra con le attività riflessive. Specifico dell'impianto progettuale della ricerca-azione è stato il riferimento agli studi sull'apprendimento situato [4], per la convinzione che non si possa assumere un apprendimento significativo che non tenga conto, in maniera decisa, del contesto entro cui l'apprendimento stesso, e la persona che apprende, sono collocati nello spazio e nel tempo. L'apprendimento situato viene delineato anche come strumento interpretativo dei fattori che alimentano le motivazioni allo sforzo per un apprendimento di successo [25].

In questo quadro teorico, lo sfondo empirico dei laboratori di robotica di Officina Emilia è comune alle esperienze dei laboratori *hands on* che si sono diffusi nel corso degli anni Ottanta, nei principali musei della scienza e della tecnica, a partire dalla esperienza pilota dell'*exploratorium* di San Francisco, inaugurato già alla fine degli anni Sessanta [26-28]. Attraverso lo smontaggio e il rimontaggio, anche creativo, di prodotti e artefatti, con uso di strumenti e attrezzi, si è sviluppata un'efficace azione educativa, in campo tecnologico. I laboratori sulle macchine e sulla produzione industriale, che includevano i laboratori di robotica, nel programma di ricerca-azione di Officina Emilia, hanno valorizzato l'esplorazione degli artefatti, dei macchinari e degli ambienti entro cui questi sono utilizzati. Una sintonia piuttosto forte è riscontrabile con quello che, quasi negli stessi anni, si stava realizzando nel laboratorio di *tinkering* dell'*exploratorium* di San Francisco [29]. Per quanto riguarda obiettivi e contenuti, il riferimento empirico dei laboratori di Officina Emilia, inclusi i laboratori di robotica, si trova negli standard educativi proposti, fin dalla prima edizione del 2000, dall'International Technology and Engineering Educators Association [5].

## 4. I laboratori di robotica

### 4.1 Gli obiettivi

Tra i laboratori sulle macchine e la produzione industriale del programma di ricerca-azione di Officina Emilia sono stati sperimentati due laboratori di robotica: (i) “Un robot che segue una linea”, rivolto a giovani della fascia di età compresa tra 12 e 16 anni e, con lievi modificazioni, ai giovani della fascia di età compresa tra 17 e 19 anni; (ii) “Robot-Cocco-Drillo”, rivolto a bambine e bambini della fascia di età compresa tra 8 e 11 anni.

L'organizzazione dei laboratori prevedeva che una classe, accompagnata da uno o più docenti, si recasse al mattino presso il Museolaboratorio per svolgere le attività della durata di 4 ore nel caso del laboratorio “Un robot che segue una linea”, e della durata di 3 ore nel caso del laboratorio “Robot-Cocco-Drillo”. Si è trattato di laboratori progettati come eventi stimolo di un percorso educativo strutturato di durata compresa tra un minimo di 8 ore ed un massimo di 20 ore. I docenti che accompagnavano le classi gestivano le altre attività didattiche connesse con il laboratorio, usando materiali e indicazioni metodologiche fornite dai ricercatori.

Nel laboratorio “Un robot che segue una linea”, gli studenti costruivano un robot con i mattoncini LEGO®, seguendo istruzioni prive di indicazioni verbali. Con una presentazione molto generale dello strumento software, procedendo per prova ed errore, gli studenti scrivevano il programma che consentiva al robot di seguire una linea nera su fondo bianco. Collaudavano il robot e gareggiavano per verificare la correttezza del loro operato. Una versione più complessa dello stesso laboratorio è stata sperimentata, per ragazze tra 15 e 19 anni. all'interno del programma internazionale “Roberta”<sup>2</sup>.

Nel laboratorio nominato “Robot-Cocco-Drillo”, le bambine e i bambini costruivano un automatismo a forma di animale capace di muoversi e di utilizzare un sensore in connessione con un computer. I linguaggi della descrizione verbale e iconografica erano coniugati con le forme usate nel diagramma di flusso e con la codificazione del software WeDo®.

Tutta la documentazione sui laboratori didattici di Officina Emilia è accessibile on line [31]<sup>3</sup>.

Gli obiettivi dei laboratori di robotica, con riferimento agli apprendimenti e alle competenze da sviluppare negli studenti, sono così sinteticamente riassumibili:

- capacità di individuare problemi, di scegliere tra soluzioni alternative, di testare le soluzioni e verificare i risultati;

<sup>2</sup> Roberta è un progetto ideato nel 2002 dal Fraunhofer IAIS (Institute for Intelligent Analysis and Information Systems) di Bonn in risposta alla carenza di ragazze che si iscrivevano a corsi di studi in settori tecnico scientifici [30].

<sup>3</sup> La documentazione è stata creata utilizzando MOVIO, l'applicazione web open source per la realizzazione di mostre virtuali online, messa a punto dall'ICCU tra il 2012 e il 2015. Il progetto MOVIO ha utilizzato i laboratori di Officina Emilia nella fase di test dell'applicazione.

- conoscenza del significato di termini specifici per descrivere un macchinario e un robot, oltre alla conoscenza dei principi degli algoritmi, della loro formalizzazione, delle istruzioni di base di un qualunque linguaggio di programmazione (*coding* di base);
- scoperta dei campi entro cui i robot hanno cambiato il lavoro e le condizioni di vita delle persone, oltre che della distribuzione territoriale e delle caratteristiche delle imprese che progettano, producono e vendono robot;
- scoperta delle competenze tecnologiche e scientifiche necessarie per la produzione, la programmazione e il collaudo di nuovi robot.

Tra gli obiettivi non c'è l'insegnamento della robotica come disciplina e come insieme di competenze ingegneristiche specialistiche. Scopo principe è portare tutti gli studenti, indipendentemente dal grado scolastico e dall'indirizzo di studi che hanno scelto, alla conoscenza concreta ed efficace degli elementi di base delle tecnologie incorporate nei macchinari e nei prodotti.

I laboratori di robotica hanno perseguito anche obiettivi di apprendimento e di formazione professionale per i docenti coinvolti con le loro classi. Tali obiettivi, in sintesi, riguardano

- la conoscenza di elementi basilari della struttura di un macchinario e di un robot e del linguaggio adatto a descriverli;
- la conoscenza dei principi degli algoritmi, della loro formalizzazione e delle istruzioni di base di un qualunque linguaggio di programmazione (*coding* di base);
- la conoscenza delle fonti che permettono di studiare la struttura sociale, economica e istituzionale di un territorio, in connessione con le tecnologie utilizzate e i modelli organizzativi emergenti;
- la pratica di unità didattiche di tipo *hands-on*, con uso di materiali multimediali e lavoro cooperativo dei piccoli gruppi.

Quanto esposto finora non si discosta molto dalle numerose esperienze di educazione che si sono realizzate nei musei, nelle scuole e nei *fab-lab* con uso di materiali di micro robotica. Tuttavia, il programma di ricerca-azione, entro cui è avvenuta la sperimentazione dei laboratori di robotica, si prefiggeva di verificare la possibilità di conseguire altri due importanti obiettivi: proprio questi costituiscono la caratteristica peculiare delle esperienze che vengono descritte.

In primo luogo, i laboratori di robotica sono stati sperimentati come veicolo efficace per sollecitare una conoscenza attiva del contesto tecnologico, economico e sociale, con particolare riferimento ai territori di diffusione dei distretti manifatturieri. In secondo luogo, i laboratori, condotti in modo rigoroso sotto il profilo della ricerca-azione e connessi alla formazione in servizio dei docenti, si prefiggevano di sostenere la diffusione nelle scuole di un curriculum verticale innovativo, che si avvantaggiasse di eventi stimolo, ma che si connettesse con altre azioni didattiche curricolari ed extracurricolari.



## 4.2 Un ambiente evocativo

I laboratori di robotica, come eventi stimolo, di un programma educativo più complesso, sono stati sperimentati soprattutto nel Museolaboratorio: un ambiente evocativo delle lavorazioni meccaniche, progettato e realizzato nell'ambito della ricerca-azione, per consentire l'osservazione e la manipolazione di macchinari, strumenti e prodotti, l'incontro di lavoratori e imprenditori dei settori manifatturieri, il contatto e la connessione con le imprese del territorio. A tutti gli effetti si trattava di un ambiente complesso, con spazi di simulazione del lavoro industriale delle piccole e medie imprese dei distretti industriali italiani nelle regioni del Nord-Est. A sostegno delle aree espositive, il Centro di documentazione ha prodotto testi, filmati, materiali fotografici originali che consentivano di approfittare a pieno degli *exhibits*, delle installazioni<sup>4</sup> e della possibilità di toccare e manipolare tutto quanto esposto [33].

La simulazione mima un ambiente, un sistema reale, le azioni che si svolgono al loro interno, e può permettere di osservarne i cambiamenti avvenuti nel tempo, quando sono disponibili artefatti di epoche differenti. Un ambiente simulato consente a chi apprende di interagire con la realtà, verificando gli effetti e i cambiamenti provocati dalle sue azioni, nel rispetto dei suoi tempi di apprendimento, oltre che potendo commettere errori, senza compromettere realmente un processo di produzione. La simulazione si avvale del supporto tecnologico (hardware e software) per amplificare la possibilità di capire il funzionamento dell'ambiente e dei suoi artefatti [34, 35]. Per potere funzionare, un ambiente simulato richiede di essere costruito e agito in riferimento ad un modello consapevole, sia del processo di apprendimento che si vuole attivare, sia della realtà che viene simulata. Per questo, il Museolaboratorio fu progettato in collaborazione con numerosi professionisti e ricercatori di discipline differenti: ingegneri, fisici, chimici dei materiali, economisti industriali e del lavoro, esperti di organizzazione industriale, psicologi dell'apprendimento, educatori e pedagogisti, esperti della comunicazione.

Le simulazioni sono usate in ambiti molto diversi e generalmente quando ci sono motivi che non permettono, a chi deve imparare qualcosa, di fare esperienza direttamente nell'ambiente operativo. Ciò avviene, ad esempio, quando un'operazione richiede costi elevati per i materiali, oppure quando il tempo richiesto per fare un'esperienza reale è molto lungo ed infine quando ci sono vincoli etici o di natura legale [36]. Nel caso di Officina Emilia, il principale limite che ha giustificato la costruzione di un complesso ambiente simulato era la difficoltà di fare accedere tutti gli studenti, o almeno una parte rilevante di essi, all'osservazione diretta e significativa di ambienti di produzione industriale. Le piccole imprese dei distretti manifatturieri sono caratterizzate da spazi limitati e da un'elevata specializzazione, quindi la comprensione del processo di produzione, qualora si osservi una sola impresa, risulta spesso impossibile.

<sup>4</sup> Un video creato appositamente per il Museolaboratorio [32] presenta una rassegna della ricca gestualità del lavoro nel paesaggio sonoro dell'officina e mira a produrre l'effetto di coinvolgimento dei visitatori attraverso un'esperienza visiva e sonora.

Le simulazioni formative/educative sono pensate per insegnare gli elementi fondamentali di un sistema, osservando i risultati delle azioni o delle decisioni attraverso un processo di feedback, generato a sua volta da simulazioni concrete. L'ipotesi di ricerca è stata che le simulazioni di montaggi, smontaggi, programmazione software e collaudo di artefatti potessero aiutare gli studenti e i docenti a comprendere eventi e concetti tecnici complessi, oltre che poco osservabili in un'organizzazione aziendale di piccola dimensione.

L'importanza delle stimolazioni e delle informazioni, che questo ambiente è stato in grado di veicolare, è emersa in maniera importante quando alcuni dei docenti, che avevano partecipato con le loro classi ai laboratori di robotica entro il Musolaboratorio, sperimentarono la versione degli stessi laboratori adattata per essere realizzata nelle aule delle scuole [37]. Unanimente, i docenti, rilevarono un calo di attenzione e una minore motivazione, specie degli studenti più fragili, e per questo una minore efficacia delle esperienze nelle aule scolastiche a confronto con quelle condotte nel Museolaboratorio.

### 4.3 Lo sfondo e il senso delle esperienze laboratoriali

I laboratori di robotica non sono solo l'occasione per riflettere sulle parti di cui è costituito un robot, sulle strutture principali di una macchina, sulle basi della programmazione software, sulle difficoltà che si incontrano nel fare interagire i robot con l'ambiente. Opportuni momenti informativi e di dialogo educativo possono rendere esplicite le connessioni tra ciò che è simulato in laboratorio e l'ambiente esterno, dove le persone vivono e lavorano, incontrando e usando robot. L'esperienza laboratoriale diventa l'occasione per allargare la visuale sulle condizioni concrete di vita delle famiglie e degli studenti.

Ciò che rende originale i laboratori di robotica, qui analizzati, non risiede tanto nella parte centrale dell'azione educativa, che sviluppa competenze tecnologiche di base, sempre più indispensabili per tutti. Ma, piuttosto, l'originalità si trova nelle fasi iniziali e nelle fasi finali del laboratorio, che introducono elementi di conoscenza e di interpretazione delle caratteristiche del sistema economico sotto il profilo tecnologico, sociale e istituzionale, oltre che elementi del mondo del lavoro e delle professioni. Gli studenti, a partire dalla scuola primaria, possono essere introdotti a queste conoscenze, attraverso esperienze stimolanti, tra cui i laboratori di robotica. Spesso le nuove generazioni non hanno facilmente accesso a strumenti che possano aiutarli a conoscere e a riflettere sul mondo entro cui vivono. Perciò, l'influenza di fattori determinati dall'ambiente culturale e sociale di provenienza produce sovente preconcetti e scetticismi, che pesano negativamente sulle scelte dei percorsi educativi e professionali, oltre che sulla motivazione all'apprendimento specialmente delle scienze e della matematica.

Durante i laboratori di robotica, con videoinstallazioni, filmati relativi ad interviste registrate e apposite azioni didattiche sono stati resi espliciti, con opportuni adeguamenti che tengono conto dell'età, i collegamenti tra ciò che gli studenti costruivano e i robot usati nelle imprese, negli ospedali o negli aeroporti. Numerosi esempi sono stati forniti per mostrare come questi macchinari interagiscono con uomini e donne che lavorano e hanno visto cambiare la loro



condizione, proprio a seguito della loro introduzione. Queste azioni didattiche costruiscono uno sfondo di senso dell'esperienza di robotica e la connettono non solo con la scuola, ma con una prospettiva più ampia di conoscenze e abilità necessarie per vivere e lavorare [38].

Durante i laboratori di robotica, ma più spesso nelle azioni didattiche nelle aule, gestite dai docenti dopo la partecipazione delle classi ai laboratori, si è avviata la scoperta delle imprese che nel mondo e in Italia producono robot. In altri casi, sono stati approfonditi gli aspetti etici della diffusione della robotica, con riferimento anche alla sostituzione del lavoro umano, all'uso dei robot nelle situazioni di conflitto armato o in campo chirurgico. Un'unità didattica è stata dedicata alla letteratura e al cinema per analizzare come i robot sono entrati nella produzione culturale.

## 5. La valutazione

La letteratura [39-41] sulla valutazione delle esperienze educative che utilizzano robot e materiali di micro-robotica è molto recente e generalmente riporta buoni risultati, ma propone anche dubbi e sollecita la necessità di ulteriori approfondimenti.

La valutazione dei laboratori di robotica è rientrata nel più generale piano di valutazione delle azioni realizzate con le scuole nel progetto di ricerca-azione di Officina Emilia. In questa sede si presentano alcuni dei risultati, con riferimento ai laboratori di robotica realizzati nel periodo 2009-2013 e alle tre dimensioni considerate: (a) l'effetto sull'attività didattica complessiva delle scuole coinvolte, (b) l'effetto sulle conoscenze, sulle attitudini e sulle capacità dei docenti coinvolti ed infine (c) l'effetto sulle conoscenze degli studenti, sulle loro motivazioni ad approfondire e sul gradimento complessivo delle attività del laboratorio.

La raccolta dei dati per la valutazione dei laboratori ha utilizzato quattro strumenti: le interviste in profondità ai docenti, il questionario compilato dai docenti in occasione della partecipazione della loro classe ad un laboratorio e il questionario di gradimento degli studenti delle scuole secondarie. Un questionario con domande a risposta chiusa, compilato prima e dopo la partecipazione al laboratorio, ha rilevato i cambiamenti degli apprendimenti degli studenti.

La Tabella 1 riporta i principali dati riferiti agli strumenti e alla loro numerosità.

Strumenti utilizzati	Numero
Interviste in profondità con docenti	30 di cui 28 complete e utilizzabili <sup>5</sup>
Questionari di docenti accompagnatori	121 in formato digitale <sup>6</sup>
Questionari di gradimento degli studenti delle Scuole secondarie	497 in formato digitale <sup>7</sup>
Questionari sull'apprendimento degli studenti	86 <sup>8</sup>

**Tabella 1***Strumenti utilizzati per la raccolta dei dati per la valutazione**Fonte. Nostra elaborazione sugli strumenti di valutazione dei laboratori di robotica di Officina Emilia*

L'esercizio valutativo presentato in questo saggio è basato sull'analisi degli elementi qualitativi espressi dai partecipanti in merito ai cambiamenti delle loro conoscenze e delle loro azioni, dopo la partecipazione ai soli laboratori di robotica. Per quel che riguarda i cambiamenti nelle conoscenze degli studenti, la rilevazione - all'inizio e al termine del laboratorio - ha consentito una valutazione quantitativa dei mutamenti prodotti<sup>9</sup>.

### 5.1 Effetto sul funzionamento delle istituzioni scolastiche

La partecipazione delle classi ai laboratori è stata inizialmente promossa dai docenti che si sono avvicinati al progetto di ricerca-azione per un loro interesse personale. Successivamente, la maggior parte delle classi di studenti hanno partecipato ai laboratori per decisione collegiale della scuola di appartenenza.

Le scuole coinvolte sono state prevalentemente della provincia di Modena, oltre che delle province confinanti di Reggio Emilia, Bologna e Mantova.

<sup>5</sup> Di queste, 18 sono di docenti della scuola primaria, 6 sono di docenti di scuola secondaria di primo grado e 4 sono di scuola secondaria di secondo grado. Le interviste sono state condotte nell'anno scolastico 2011-2012 e nell'anno 2012-2013 presso il Museolaboratorio di Officina Emilia a Modena.

<sup>6</sup> Di questi, 63 sono docenti di scuola primaria, 39 sono docenti di scuola secondaria di primo grado e 19 sono di scuola secondaria di secondo grado. I questionari sono stati compilati tra il 2009 e il 2012 da docenti prevalentemente delle scuole di Modena e Reggio Emilia. La composizione di genere è sbilanciata sulle donne (86%) e sulle discipline matematiche e scientifiche (35%), seguite dalle discipline umanistiche (31%), dall'educazione tecnica e tecnologica (18%), dall'educazione socio-economica (4%). Il 12% degli accompagnatori erano docenti di sostegno oppure personale educativo assistenziale per gli studenti disabili.

<sup>7</sup> Il 51% dei partecipanti frequentava le scuole secondarie di primo grado e il 49% le scuole secondarie di secondo grado, quasi equamente distribuiti tra licei, tecnici e professionali. La composizione di genere ha visto un 53% di maschi e un 47% di femmine.

<sup>8</sup> La rilevazione degli apprendimenti ha coinvolto 4 classi e un totale di 86 studenti, di cui 42 di scuola secondaria di primo grado (12-13 anni e 48% femmine) e 44 di scuola secondaria di secondo grado (17-18 anni e 51% femmine).

<sup>9</sup> L'analisi degli effetti di breve e medio termine dell'intera attività promossa dal programma di ricerca-azione di Officina Emilia è ancora in corso e verrà presentata in un saggio in preparazione.

Complessivamente il progetto ha coinvolto 32 istituzioni scolastiche, di cui 17 primarie, 6 scuole secondarie di primo grado e 9 secondarie di secondo grado<sup>10</sup>.

Il principale effetto dell'attività sulle scuole è misurato dal numero di istituzioni scolastiche che hanno integrato i laboratori di Officina Emilia nella programmazione didattica generale, considerandoli come significativi "eventi stimolo", e facendoli diventare parte dell'offerta formativa comunicata alle famiglie. Tre scuole primarie, due scuole medie e una secondaria di secondo grado hanno compiuto questa scelta e rappresentano circa il 20% delle scuole coinvolte.

## 5.2 Effetto delle attività sui docenti

I laboratori di robotica, che sono stati descritti, hanno messo a disposizione dei docenti un'occasione per approfondire le loro conoscenze di base della tecnologia, del *coding*, della struttura economica e sociale del contesto locale e regionale. Inoltre, la metodologia laboratoriale ha rappresentato un esempio di didattica efficace e utilizzabile in numerosi percorsi di insegnamento. La grande maggioranza dei docenti coinvolti ha verificato la possibilità di acquisire conoscenze e capacità, apprezzate come strumenti per realizzare percorsi significativi di insegnamento e di apprendimento per gli studenti.

In alcuni casi, i docenti coinvolti nella realizzazione dei laboratori hanno manifestato un comportamento di estraneità e di rifiuto, sostenuto da numerose motivazioni, tra le quali spiccano il tipo di formazione universitaria, la disponibilità ad attraversare i confini delle singole discipline di appartenenza e una concezione dell'educazione tecnologica legata esclusivamente alla formazione professionale. La formazione universitaria in ambito umanistico caratterizza, sebbene non in modo totale ed esclusivo, il profilo dei docenti più critici. La formazione universitaria in ambito tecnologico e scientifico non è sufficiente a sostenere la motivazione dei docenti verso le innovazioni didattiche proposte con i laboratori di robotica. Infatti, la conoscenza della robotica necessita dell'attraversamento di confini tra saperi, ma anche di cambiamenti delle abitudini e il superamento di stereotipi molto radicati. C'è bisogno di cogliere le connessioni e le relazioni che esistono tra numerosi ambiti disciplinari e non tutti i docenti, indipendentemente dalla loro formazione iniziale, apprezzano questa via di crescita professionale. Infine, alcuni docenti che insegnano discipline ingegneristiche ed economiche, negli istituti tecnici e professionali, essendo abituati a promuovere specifiche conoscenze e abilità, direttamente spendibili nel lavoro, hanno manifestato difficoltà a lasciarsi coinvolgere in azioni educative rivolte a chiunque si prepari ad entrare nel lavoro, o semplicemente voglia approfittare delle potenzialità delle tecnologie digitali.

<sup>10</sup> Negli anni in cui il laboratorio è stato più attivo non erano ancora molto diffusi gli Istituti comprensivi, quindi le scuole primarie erano ancora istituzioni separate dalle scuole dell'infanzia e dalle scuole secondarie di primo grado.

La Tabella 2 riassume i cambiamenti che i docenti hanno dichiarato nel questionario compilato dopo la loro partecipazione<sup>11</sup>.

20%	Prima della partecipazione ha introdotto nelle classi l'attività del laboratorio rendendo espliciti i collegamenti con i contenuti delle discipline curriculari.
34%	Le attività del laboratorio sono un evento stimolo per gli studenti e questo favorisce l'introduzione di argomenti curriculari da parte dei docenti
28%	Le attività del laboratorio stimolano la curiosità degli studenti e favoriscono il miglioramento dell'attenzione verso le attività curriculari
12%	Le attività del laboratorio favoriscono le capacità degli studenti di orientarsi nelle scelte post scuola media e post diploma
83%	Dopo l'esperienza pensa di approfondire argomenti trattati nel laboratorio e/o di introdurre argomenti connessi

**Tabella 2**

*Percentuali di docenti che dichiarano alcuni effetti del laboratorio sulla loro attività didattica curricolare (N. 121), risposte multiple*

*Fonte. Elaborazione dei questionari dei docenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia*

Solo un docente su cinque ha introdotto nelle classi le attività del laboratorio rendendo espliciti i collegamenti con i contenuti delle discipline curriculari. Sebbene questa percentuale, a partire da percentuali prossime allo zero, sia aumentata nel corso degli anni di attività del laboratorio, non ha mai raggiunto quote davvero importanti. La maggioranza dei docenti ha continuato a delegare agli operatori del laboratorio il carico di introdurre e rendere significativa la partecipazione degli studenti. Poco più di un terzo dei docenti coinvolti (34% in Tabella 2) ritiene che il laboratorio funzioni come evento stimolo e favorisca il loro lavoro quando devono introdurre nuovi argomenti legati alle tecnologie, alla matematica, al *coding* e alla conoscenza della struttura economica del territorio. Il 28% dei docenti (Tabella 2) ritiene che la partecipazione al laboratorio stimoli la curiosità e favorisca l'attenzione verso le attività curriculari. Il 12% (Tabella 2) vede nella partecipazione al laboratorio uno strumento adeguato a sviluppare negli studenti le capacità di scelta tra i percorsi di studio e di carriera.

La ricerca-azione si proponeva di verificare se e in quale misura nuovi contenuti potessero essere veicolati nell'azione quotidiana attraverso un coinvolgimento dei docenti in azioni di laboratorio con i loro studenti. Questa ipotesi risulta verificata, almeno nel tempo breve, tenuto conto che ben l'83% dei docenti pensa di approfondire argomenti trattati nel laboratorio oppure di introdurre argomenti ad esso connessi.

### **5.3 Effetto sulle conoscenze, sulle motivazioni e le attitudini degli studenti**

La conferma dell'ipotesi che i laboratori di robotica sviluppino un insieme apprezzabile di conoscenze ed abilità è rilevabile dalla Tabella 3 che segue,

<sup>11</sup> Nell'elaborazione si utilizza una codifica alle risposte aperte date dai docenti. Non si tiene conto delle differenze tra le risposte dei docenti di scuole di diverso grado. Un quadro più dettagliato sarà disponibile nell'analisi completa relativa a tutti i laboratori di Officina Emilia, che è attualmente in corso.

basata sulla elaborazione delle interviste in profondità e delle risposte alle domande con risposte aperte del questionario per i docenti. Le parole chiave, rintracciate nelle interviste e nei questionari, sono state catalogate in cinque categorie: le soft skills, la creatività, la logica, le conoscenze sulle tecnologie, il lavoro e le imprese.

Abilità e conoscenze	Specifiche e caratteristiche
<b>Abilità</b>	
Soft skills	precisione, collaborazione, comunicazione, ordine, pulizia
Creatività	costruzione di artefatti, scelta tra forme differenti, uso dello spazio
Logica	classificazioni, diagrammi di flusso, algoritmi, pensiero computazionale
<b>Conoscenze</b>	
Tecnologia e lavoro	fasi di lavorazione, tecnologie di produzione, software nelle macchine e nei prodotti, storia delle tecniche, sviluppo economico
Lavoro e impresa	organizzazione del lavoro, storia del lavoro, sviluppo sociale, imprenditorialità

**Tabella 3**

*Abilità e conoscenze sviluppate dagli studenti durante i laboratori di robotica*  
*Fonte. Elaborazione delle interviste ai docenti partecipanti ai laboratori di robotica di*  
*Officina Emilia (N. 28) e delle risposte alle domande aperte del questionario per i docenti*  
*(N.121)*

Tutti i docenti intervistati hanno riconosciuto che l'azione laboratoriale, cui gli studenti hanno partecipato, favorisce in modo quasi generalizzato la promozione di comportamenti di precisione, ordine e collaborazione, anche per gli studenti meno motivati. Altre conoscenze e abilità si sviluppano in modo meno massiccio. La persistenza degli effetti positivi sugli studenti dipende dalla possibilità di rinforzare i comportamenti, le conoscenze e le abilità sollecitate durante il laboratorio.

Per quello che riguarda gli apprendimenti, con particolare riferimento allo sviluppo delle conoscenze, i risultati dei test, sottoposti alle classi partecipanti con una strategia prima-dopo, pur avendo fornito risultati lusinghieri, anche per gli studenti meno brillanti, non sono statisticamente significativi, perché non sono attribuibili esclusivamente alle esperienze dei laboratori di robotica. Infatti, il questionario di rilevazione, molto semplice e con poche domande a risposta chiusa, non ha rilevato le altre componenti che determinano quei risultati, tra cui: la condizione sociale e l'esperienza scolastica pregressa degli studenti, la qualità e la quantità degli interventi didattici paralleli, le altre esperienze educative extrascolastica degli studenti. Sebbene non si possa contare sulla qualità di questi risultati, vale la pena notare che la partecipazione ai laboratori sviluppa (o consolida) alcune conoscenze di base, sia in merito alla struttura

tecnica di un robot, sia in merito alle connessioni sociali ed economiche derivanti dall'uso dei robot nel mondo del lavoro e nella vita quotidiana. È importante osservare che, seppure senza poterne misurare la validità statistica, non sono emerse differenze di genere né differenze per età degli studenti (13-14 anni e 17-18 anni).

Domande sulle conoscenze	% risposte corrette	
	Prima	Dopo
Un robot ha sempre e solo la forma di un umanoide?	15%	80%
Un robot ha bisogno di essere programmato?	31%	98%
Un robot usa uno o più sensori?	12%	99%
Un robot può sostituire il lavoro di una o più persone?	55%	87%
Negli ospedali si usano robot?	8%	97%
In Italia si producono robot?	5%	99%

**Tabella 4**

*Risposte corrette fornite dagli studenti sulle loro conoscenze prima e dopo la partecipazione al laboratorio (N. 86)*

*Fonte. Elaborazione dei questionari sugli apprendimenti, per studenti delle scuole secondarie partecipanti ai laboratori di robotica*

Per quanto riguarda l'attenzione e l'interesse si può fare riferimento ai questionari di gradimento compilati dagli studenti che hanno partecipato ai laboratori.

Sebbene oltre il 69% sia tra le studentesse che tra gli studenti esprima un grado di interesse elevato per il laboratorio (Tabella 5 e Tabella 6), le differenze di genere non vanno sottovalutate. Ci sono elementi, infatti, per confermare che le ragazze si mostrano meno disponibili a lasciarsi coinvolgere dall'esperienza delle tecnologie, abbandonandosi agli stereotipi che le circondano a scuola, in famiglia e nella società stessa.

L'interesse e la curiosità iniziali, prima di partecipare al laboratorio, è stata piuttosto elevata, ma emerge una prima differenza di genere: il 96,6% delle studentesse (Tabella 5) contro il 92,9% degli studenti (Tabella 6) si dichiarano interessati e curiosi. Gli scettici erano più presenti tra i maschi che tra le femmine, ma mentre gli studenti maschi, scettici o indifferenti, si sono lasciati coinvolgere ed esprimono un giudizio positivo sulla loro esperienza, una minoranza limitata (3,4%) di studentesse, scettiche e indifferenti all'inizio, esprime un grado di interesse basso anche dopo la partecipazione.



Studentesse	Dopo/ Grado di interesse			
Prima	basso	medio	elevato	Totale
ero curioso/a e interessato/a	1,1%	26,1%	69,3%	96,6%
solite cose/ mi era indifferente	3,4%	0,0%	0,0%	3,4%
Totale	4,5%	26,1%	69,3%	100,0%

**Tabella 5**

*Risposte delle studentesse che hanno partecipato ai laboratori di robotica rispetto alle aspettative e al grado di interesse dopo la partecipazione (N. 88)*  
*Fonte. Elaborazione dei questionari degli studenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia*

Studenti	Dopo/ Grado di interesse			
Prima	basso	medio	elevato	Totale
ero curioso/a e interessato/a	0,0%	24,6%	68,3%	92,9%
solite cose/mi era indifferente	2,4%	4,0%	0,8%	7,1%
Totale complessivo	2,4%	28,6%	69,0%	100,0%

**Tabella 6**

*Risposte degli studenti che hanno partecipato ai laboratori di robotica rispetto alle aspettative e al grado di interesse dopo la partecipazione (N. 126)*  
*Tabella 6. Risposte degli studenti che hanno partecipato ai laboratori di robotica rispetto alle aspettative e al grado di interesse dopo la partecipazione (N. 126)*  
*Fonte. Elaborazione dei questionari degli studenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia*

	Studentesse	Studenti	Totale
Mi aspetto approfondimenti a scuola	43%	45%	44%
Mi aspetto approfondimenti individuali	25%	25%	25%
Non mi aspetto approfondimenti	22%	19%	20%
Altre risposte	1%	1%	1%
Non risponde	9%	10%	10%
Totale	100%	100%	100%

**Tabella 7**

*Risposte degli studenti che hanno partecipato ai laboratori di robotica rispetto al desiderio di approfondire l'esperienza fatta (N. 497)*  
*Fonte. Elaborazione dei questionari di gradimento degli studenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia*

Ben il 44% dei partecipanti si aspetta un approfondimento a scuola (Tabella 7) e un quarto si aspetta di potere approfondire autonomamente. Solamente il 20% dei partecipanti (con una lieve maggiore presenza tra le studentesse) dichiara di non avere interesse verso ulteriori approfondimenti.

Su questi risultati ci si poteva aspettare una maggiore differenziazione di genere. Infatti, soprattutto la segmentazione di genere tra gli indirizzi della scuola secondaria superiore potrebbe spiegare differenti aspettative verso ulteriori approfondimenti a scuola. Se gli studenti degli indirizzi industriali possono ragionevolmente aspettarsi, date le discipline del loro piano di studi, che ci siano occasioni di approfondimento a scuola di tematiche di tipo tecnologico e legate alla struttura industriale del territorio, le ragazze che vogliano realizzare approfondimenti debbono contare maggiormente su risorse personali o extra scolastiche, perché frequentano, assai più dei loro colleghi maschi, gli indirizzi scolastici che non prevedono discipline tecnologiche.

Dalla Tabella 8 emerge un più chiaro elemento a favore della differenziazione tra i due generi. La percentuale di studenti che riconoscono di avere aumentato le conoscenze è decisamente più elevata tra i maschi (73%) che tra le femmine (67%).

	Studentesse 88	Studenti 126	Totale 214
N.			
Ha aumentato le mie conoscenze	67%	73%	71%
Non ha aumentato le mie conoscenze	33%	27%	29%

**Tabella 8**

*Percentuale di studentesse e di studenti che dichiarano di avere nuove conoscenze a seguito della partecipazione al laboratorio<sup>12</sup>*

*Fonte. Elaborazione dei questionari di gradimento degli studenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia*

La valutazione complessiva della partecipazione al laboratorio di robotica è eccellente sia per i maschi che per le femmine, attestandosi per entrambe i gruppi sul voto medio di 9 decimi (Tabella 9). Vale la pena rilevare che la valutazione media su tutta la popolazione dei partecipanti non varia tra i maschi e le femmine, ma varia in relazione alla percezione dei singoli sull'aumento delle proprie conoscenze. Chi ha un giudizio positivo sulle conoscenze acquisite nel laboratorio valuta l'attività di laboratorio (9,4 decimi in Tabella 9) oltre un decimo in più rispetto agli studenti che non riconoscono un aumento di conoscenze (8,3 decimi in Tabella 9). Ciò vale sia per gli studenti che per le studentesse. La valutazione media minima è rilevata tra le studentesse che non riconoscono un aumento di conoscenze a seguito della partecipazione al laboratorio.

<sup>12</sup> La domanda non è stata posta nello stesso modo in tutti i questionari di gradimento e per questo l'elaborazione si riferisce solo ad una parte dei questionari.

	Studentesse	Studenti	Totale
Voto medio assegnato da chi dichiara "Non ha aumentato le mie conoscenze"	8,2	8,4	8,3
Voto medio assegnato da chi dichiara "Ha aumentato le mie conoscenze"	9,3	9,4	9,4
Voto medio rilevato per tutti i partecipanti (N. 497)	9,0	9,0	9,0

**Tabella 9**

*Voto medio di gradimento (in decimi) e giudizio sulle conoscenze apprese (N. 214)  
Fonte. Elaborazione dei questionari di gradimento degli studenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia*

## 6. Considerazioni finali

L'esperienza presentata sembra mostrare che le attività didattiche che prevedono azioni concrete aiutano l'immaginazione e predispongono positivamente verso apprendimenti di natura tecnologica. Questi risultati mettono in evidenza una certa differenza di genere. È noto in letteratura [42] che le bambine e le ragazze si avvicinano alle tecnologie con maggiore disinteresse e rischiano di non essere adeguatamente sostenute nemmeno dai docenti, a loro volta in maggioranza donne, che alimentando titubanze e dubbi sulla necessità di avere competenze tecnologiche.

L'esperienza di Officina Emilia, con i laboratori di robotica, ha consentito di verificare la possibilità di aprire nuovi spazi educativi, che consentano ai giovani di collegare meglio ciò che fanno a scuola e nei laboratori con l'esperienza degli adulti nei posti di lavoro, affrontando anche la comprensione delle tecnologie. La valutazione dei laboratori di robotica consente di affermare che i risultati positivi osservati derivano non solo dall'uso didattico di materiali di micro-robotica, ma da un insieme di almeno tre elementi che hanno caratterizzato i laboratori. L'esperienza di educazione robotica si è avvantaggiata della costruzione di esperienze, individuali e di piccolo gruppo, di tipo *hands on*, che rafforzano pratiche induttive, capacità di osservazione critica, costruzione di feedback e capacità relazionali di lavoro comune. In secondo luogo, le attività che rendono esplicite le relazioni tra gli apprendimenti del laboratorio e la conoscenza del territorio, nelle sue caratteristiche tecnologiche, economiche e sociali, hanno costruito uno sfondo significativo che ha attirato l'attenzione e l'interesse. Infine, i laboratori di robotica derivano la loro efficacia anche dall'ambiente entro cui si sono realizzati: il Museolaboratorio evocativo delle produzioni industriali meccaniche. La possibilità di toccare con mano i macchinari, i materiali, i semilavorati e i prodotti, insieme al materiale informativo multimediale sugli ambienti di lavoro, ha sostenuto l'interesse verso le tecnologie, il lavoro umano e la sua organizzazione. Specie per gli studenti più grandi, la partecipazione ai laboratori di robotica ha aperto le porte al desiderio di approfondimento.

Il programma di ricerca-azione di Officina Emilia con le scuole, in particolare con i laboratori di robotica, ha dato un contributo che è stato riconosciuto dai docenti con riferimento a tre ambiti principali. Il primo riguarda la costruzione di strumenti adeguati per attirare l'attenzione e l'interesse delle giovani generazioni verso la matematica, le scienze, le tecnologie e l'ingegneria, campi di studio e di esperienza rilevanti per il futuro lavorativo, oltre che per la partecipazione consapevole alle scelte collettive. Il secondo ambito riguarda il sostegno all'innovazione dei programmi di lavoro didattico che gli insegnanti realizzano nella scuola, verso la costruzione di un curriculum capace di mettere al centro, come uno speciale oggetto di comprensione, le caratteristiche sociali ed economiche del contesto, quindi le tecnologie, le forme del lavoro e le tipologie di organizzazione delle imprese. Il terzo ambito è quello specifico del triangolo della conoscenza<sup>13</sup> e, in particolare, il programma di ricerca-azione ha contribuito a definire modalità sperimentate e validate per costruire efficaci e fruttuose connessioni tra la programmazione didattica delle scuole e il funzionamento delle istituzioni, delle imprese e delle organizzazioni nella società.

## Bibliografia

- [1] Harel I., and Papert S. (eds) (1991), *Constructionism*, Norwood. New Jersey. Ablex.
- [2] Vygotskij L. S. (1962), *Thought and Language*, Cambridge Mass. M.I.T. Press
- [3] Dewey, J. (1916), *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education*, New York, Macmillan.
- [4] Lave, J., E. Wenger (1991), *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. London. Cambridge University Press.
- [5] International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA (2007), *Standards for Technological Literacy. Content for the Study of Technology*. Reston, VA: ITEA.
- [6] OECD. 2009. *Creating Effective Teaching and Learning Environments: First Results from TALIS*. Paris: OECD.
- [7] Hutchings, M., M. Fulop, and A. M. Van den Dries, eds. 2001. *Young People's Understanding of Economic Issues in Europe*. Stoke on Trent UK: Trentham Books.
- [8] Chatel, E. 2010. "Economics as Social Science in French Lycees: A Programme Shaped by the Evolution of a School Discipline." *Journal of Social Science Education* 9 (2): 52–63.
- [9] Baskette, K. G. (2013), "Technological Literacy for All: A Course Designed to Raise the Technological Literacy of College Students." *Journal of Technology Education* 25 (1).

<sup>13</sup> Si veda il programma di ricerca messo a punto dall'OECD [43] e presentato nel convegno a Parigi, settembre 2016 [44].

- [10] Bellmann, L., and O. Hubler. 2014. "Skill Shortage in German Establishments." *IZA Discussion Paper*, no. 8290.
- [11] Azevedo, A., G. Apfeltharer, and D. Hurst. 2012. "Competency Development in Business Graduates: An Industry-Driven Approach for Examining the Alignment of Undergraduate Business Education with Industry Requirements." *The International Journal of Management Education*, no. 10: 12–28.
- [12] Bosch, G., and J. Charest, eds. 2010. *Vocational Training International Perspectives*. New York: Routledge.
- [13] Barber, J. (2003), "The Informally Trained Mechanic Skill Acquisition in the Workplace." *Journal of Vocational Education and Training* 55 (2): 133–48.
- [14] Grubb, N. W. 1996. *Working in the Middle. Strengthening Education and Training for the Med-Skilled Labour Force*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- [15] Russo M., Mengoli P. (2017), A hybrid space to support the regeneration of competences for re-industrialization. Lessons from a research-action, in Montanari F., Sgaragli F., Teloni D. (eds.), *Cities as engines of innovation: A transatlantic journey EU-USA*, Quaderni Fondazione G. Brodolini, n 59: 39-53, Roma
- [16] Russo, M., Mengoli, P. (2012), *Innovazione nei sistemi educativi per migliorare la qualità dell'istruzione*, Economia & Lavoro, Vol. 1: 7-23
- [17] Ghose, R., M. Mattioli; M. Russo (2013), *Homm-sw. Networks-of-stories to value tangible and intangible heritage in museum* (Digital Heritage 2013 - Marseille, France - 29.10-01.11 2013) (*Proceedings of the 1st International Conference on Digital Heritage* ) (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., Piscataway, NJ Piscataway, NJ USA ), Vol 1.
- [18] Russo, M., Mengoli P. (2014) - Education with micro-robots and innovation in education (4th International Workshop "Teaching Robotics & Teaching with Robotics" (2014) - Padova, Italia - July18, 2014) (Proceedings of 4th International Workshop "Teaching Robotics & Teaching with Robotics" & 5th International Conference "Robotics in Education" 2014) (IT+Robotics srl Vicenza): 152-159
- [19] Russo, M. ed., in collaboration with Pozzoli S. and Tantillo F. (2016), *Documenting work through videos. A project by Officina Emilia with nine engineering firms in the province of Modena (2008-2010)*, DEMB WP Series, n. 93
- [20] Russo, M. (2015), Distretti, piccole imprese e sapere diffuso nei sistemi produttivi della meccanica, M. Salvati e L. Sciolla (a cura di), *L'Italia e le sue regioni: l'età repubblicana. V. II: Territori*, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, pp. 147-160 ISBN: 9788812005314
- [21] Mengoli P., G. Dente, D. Teloni, G. Damioli (2013), *Vocational Education and Training in Italy*, FGB Working Paper, n.3, ISBN 978-88-95380-13-1

- [22] Papert, S. (1993), *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York: Perseus Books Group.
- [23] Jonassen, D. H., and L. Rohrer-Murphy. 1999. "Activity Theory as a Framework for Designing Constructivist Learning Environments." *Educational Technology Research and Development* 47 (1): 61–79.
- [24] Dewey, J. 1933. *How We Think: A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. Boston: Houghton Mifflin.
- [25] De La Garanderie, A. 1996. *La Motivation Son Eveil Son Développement*. Paris: Bayard editions.
- [26] [www.exploratorium.edu/about/our-story](http://www.exploratorium.edu/about/our-story) visitato il 14 settembre 2017
- [27] Quin, M. 1990. "What Is Hands-on Science, and Where Can I Find It?" *Physics Education* 25 (5): 243.
- [28] Polishuk A., Verner I. (2017), Student-Robot Interactions in Museum Workshops: Learning Activities and Outcomes, In: Merdan M., Lepuschitz W., Koppensteiner G., Balogh R. (eds) *Robotics in Education. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 457. Springer, Cham
- [29] <https://tinkering.exploratorium.edu/> visitato il 14 settembre 2017
- [30] <http://roberta-home.de/en> visitato il 14 settembre 2017
- [31] [www.officinaemiliaconlescuole.it/](http://www.officinaemiliaconlescuole.it/) visitato il 14 settembre 2017
- [32] Pozzoli, S. (2009), I luoghi, le persone, le macchine, il lavoro, Videoinstallazione per il Museolaboratorio di Officina Emilia, Università di Modena e Reggio Emilia
- [33] <http://www.officinaemiliaconlescuole.it/it/203/robot-cocco-drillo/show/48/186> e <http://www.officinaemiliaconlescuole.it/it/203/un-robot-che-segue-una-linea/show/48/246> visitati il 29 dicembre 2017
- [34] Kurt, Y. M. (2001) "The Effect of a Computer Simulation Activity versus a Hands-on Activity on Product Creativity in Technology Education." *Journal of Technology Education* 13 (n.1): 31–43.
- [35] Koehler, M. J., and P. Mishra. 2005. "What Happens When Teachers Design Educational Technology? The Development of Technological Pedagogical Content Knowledge." *Journal Educational Computing Research* 32 (2): 131–52.
- [36] Garris, R., R. Ahlers, and J. E. Driskell. 2002. "Games, Motivation and Learning: A Research and Practice Model." *Simulation And Gaming*, no. 33: 441–67.
- [37] [http://www.officinaemilia.unimore.it/site/home/oe-con-le-scuole/laboratori\\_online/un-robot-che-va-scuola.html](http://www.officinaemilia.unimore.it/site/home/oe-con-le-scuole/laboratori_online/un-robot-che-va-scuola.html) visitato il 14 settembre 2017
- [38] Zanelli, P. 1986. *Uno "Sfondo" per Integrare*. Bologna: Cappelli.
- [39] Benitti Barreto Vavassori, F. 2012. "Exploring the Educational Potential of Robotics in Schools: A Systematic Review." *Computers and Education* 58 (3): 978–88.



[40] Bredenfelt A., A. Hofmann, and G. Steinbauer (2010), "Robotics in Education Initiatives in Europe: Status, Shortcomings and Open Questions." in Proceeding of SIMPAR Workshops, November 15.

[41] Kandlhofer, M., and G. Steinbauer. 2014. "Evaluating the Impact of Robotics in Education on Pupils' Skills and Attitudes." *Proceeding of the 4th International Workshop Teaching Robotics. Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education*, 101–9.

[42] Ajello, A. M. (2002), "Le differenze di genere negli studi su apprendimento e sviluppo." *POLITE. Saperi e Libertà*.

[43] OECD (2017), *Knowledge Triangle*, Springer

[44] <https://www.oecd.org/sti/inno/Knowledge-Triangle-agenda.pdf> visitato il 14 settembre 2017

## Biografie

**Paola Mengoli** economista, consulente per le politiche formative e ricercatrice del CAPP dell'Università di Modena e Reggio Emilia. Ha maturato esperienze di analisi dei sistemi formativi a livello nazionale e internazionale. Ha contribuito alla progettazione e alla realizzazione delle attività di Officina Emilia fin dal 2000. Ha ideato e diretto il laboratorio didattico di Officina Emilia ed è impegnata in progetti di ricerca nel campo della valutazione dei risultati quantitativi e qualitativi del sistema educativo.

E-mail: [paola.mengoli@unimore.it](mailto:paola.mengoli@unimore.it).

**Margherita Russo**, Professore Ordinario di Politica Economica, Università di Modena e Reggio Emilia. Ha diretto progetti di ricerca sull'industria meccanica in Italia, sulla valutazione delle politiche dell'innovazione e sugli effetti socioeconomici del terremoto del 2012 in Emilia. Dal 2000 al 2015 ha diretto il progetto di ricerca-azione Officina Emilia. Ha pubblicato saggi su processi di innovazione e reti di competenza, effetti dell'innovazione sull'organizzazione del lavoro, struttura e cambiamento nei sistemi produttivi locali, valutazione delle politiche dell'innovazione.

E-mail: [margherita.russo@unimore.it](mailto:margherita.russo@unimore.it)